Rīgas 64. vidusskola

**Gaisa kvalitāte Mežciema apkaimē**

Zinātniski pētnieciskais darbs vides zinātņu nozarē

**Darba autors:**

Līva Meijere

12. INZ klase

**Darba vadītājs:**

Pēteris Ozols

Rīga, 2024

# **Anotācija**

Darba tēma ir “Gaisa kvalitāte Mežciema apkaimē”. Gaisa piesārņojums ir viens no mirstību ietekmējošajiem riska faktoriem, tā ir globāla problēma ne tikai Eiropā, bet visā pasaulē. Pētījuma mērķis- izpētīt gaisa kvalitāti Mežciemā.

Darbā apskatīta literatūra par gaisa kvalitātes raksturlielumiem un to nelabvēlīgo ietekmi uz cilvēka veselību.

Veikti un analizēti gaisa kvalitātes mērījumi sešās Mežciema apkaimes lokalizācijas vietās, netālu no Biķernieku kompleksās sporta bāzes. Galvenie secinājumi: Gaisa kvalitāte Mežciema apkaimē ir mainīga, bet kopumā vērtējama kā laba. Tā pasliktinās Biķernieku kompleksās sporta bāzes notiekošo moto sacensību laikā.

Darbs izstrādāts Rīgā, Latvijā no 2024. gada 23. Oktobra līdz 2024. gada 10. Decembrim.

Atslēgas vārdi: gaisa kvalitāte, Mežciema apkaime, PM1, PM2,5, PM10, VOC, AQS

Darbs satur: 16 lapas, 4 tabulas, 5 attēlus un 1 pielikums, izmantoti 23 literatūras avoti (19 angļu, 4 latviešu valodā).

**Abstract**

The topic of the work is “Air Quality in Mežciems Neighborhood”. Air pollution is one of the risk factors influencing mortality, it is a global issue not only in Europe but worldwide. The aim of the research is to examine the air quality in Mežciems.

The paper reviews literature on air quality indicators and their adverse effects on human health.

Air quality measurements were conducted and analyzed at six locations in Mežciems, near the Biķernieki Complex Sports Base. Main conclusions: The air quality in Mežciems neighborhood is variable, but can generally be assessed as good. However, it deteriorates during moto sports events at the Biķernieki Complex Sports Base.

The work was developed in Riga, Latvia from October 23, 2024 to December 10, 2024.

Key words: air quality, Mežciems neighborhood, PM1, PM2,5, PM10, VOC, AQS

The work contains 16 pages, 4 tables, 5 images and 1 appendix, it references 23 literature sources (16 in English, 4 in Latvian).

**Apzīmējumu saraksts**

ASV- Amerikas Savienotās valstis

ES- Eiropas Savienība

EVA- Eiropas Vides aģentūra

PVO- Pasaules Veselības organizācija

PM- cietās daļiņas

PPM- daļas uz miljonu

AQS- gaisa kvalitātes standarti

VOC- gaistošie organiskie savienojumi

# **Saturs**

[**Anotācija** 2](#_Toc184844592)

[**Saturs** 4](#_Toc184844593)

[**Ievads** 5](#_Toc184844594)

[**1.** **Gaisa kvalitātes raksturojums** 6](#_Toc184844595)

[**1.1.** **Gaisa kvalitātes raksturlielumi** 6](#_Toc184844596)

[**1.2.** **Ietekme uz veselību** 8](#_Toc184844597)

[**2.** **Pētījuma metodoloģija un rezultāti** 10](#_Toc184844598)

[**2.1.** **Metodoloģija** 10](#_Toc184844599)

[**2.2.** **Pētījuma rezultāti un diskusijas** 11](#_Toc184844600)

[**Secinājumi** 15](#_Toc184844601)

[**Ieteikumi** 15](#_Toc184844602)

[**Izmantotās literatūras saraksts** 15](#_Toc184844603)

[**Pielikums** 16](#_Toc184844604)

# **Ievads**

Klimata pārmaiņas, cilvēku veselība un dzīves kvalitāte -vienas no mūsdienu izplatītākajām globālajām problēmām, kas rada būtisku ietekmi uz sabiedrību, ekosistēmām un ekonomiku. Viens no problēmu izraisošajiem pamata faktoriem ir gaisa piesārņojums. Tas izraisa aptuveni 7 miljonus priekšlaicīgas nāves gadījumus gadā visā pasaulē. Šī negatīvā ietekme uz cilvēka veselību palielinās katru gadu. Tomēr pirmā PVO konference par šo tēmu notika tikai 2018. gādā (PVO, 2022).

Gaisa piesārņojums ir lielākais vides radītais veselības apdraudējums Eiropā, it īpaši pilsētās, kur cieto daļiņu koncentrācija (PM10, PM2.5, PM1) bieži pārsniedz PVO ieteiktos līmeņus. 2021. gadā ES ~253000 nāves gadījumi bija saistīti ar smalko cieto daļiņu (PM2.5) piesārņojumu (EVA, 2024). Gaisa piesārņojuma problēmas risināšanā ES tiek izstrādāti gaisa kvalitātes standarti, kuri nosaka pieļaujamo piesārņotāju līmeni un norāda, cik reizes gadā tie var tikt pārsniegti (EVA, 2024).

Mežciema apkaime ir bagāta ar dabas teritorijām, kas aizņem 67,2% jeb 480,7 ha, tomēr tajā atrodas Biķernieku kompleksā sporta bāze. 1966. gada 30. jūlijā motosportisti Biķerniekos atklāja jaunās sporta bāzes pirmo kārtu, kopš tā laika līdz mūsdienām trase ir bijusi dažādu sacensību norises vieta. Sacensību laikā rodas paaugstināts gaisa piesārņojuma līmenis, izplūdes gāžu un riepu nodiluma rezultātā tiek izdalītas cietās daļiņas (PM10, PM2.5, PM1) un citi piesārņotāji. Smalkās cietās daļiņas (PM2.5) var izplatīties tālu no avota un ilgstoši palikt gaisā. Palielinoties piesārņojumam var tikt izraisīti veselības traucējumi, proti, elpošanas sistēmas slimības, sirds un asinsvadu problēmas (Veselības inspekcija, 2020). Urbanizācijas ietekmē Mežciema apkaimē notiek attīstība, tiek celtas dzīvojamās mājas, ārstniecības, aprūpes un izglītības iestādes. Tādēļ daļa iedzīvotāju pieder riska grupai, kura ir jūtīgāka pret gaisa piesārņojumu un tā izraisītajām slimībām.

**Darba Mērķis:**

Izpētīt gaisa kvalitāti Mežciema apkaimē.

**Darba uzdevumi:**

1. Apkopot un analizēt zinātnisko literatūru par gaisa kvalitātes raksturlielumiem un to ietekmi uz veselību.
2. Izstrādāt pētījuma protokolu.
3. Veikt gaisa kvalitātes mērījumus.
4. Apkopot un analizēt iegūtos datus.
5. Izstrādāt ieteikumus.

**Pētījuma jautājumi:**

Kāda ir gaisa kvalitāte Mežciema apkaimē?

Kā gaisa kvalitāti Mežciema apkaimē ietekmē moto sporta sacensības Biķernieku kompleksajā sporta bāzē?

# **Gaisa kvalitātes raksturojums**

## **Gaisa kvalitātes raksturlielumi**

Vēsturiski viena no lielākajām gaisa piesārņojuma epizodēm ir saistīta ar rūpniecības attīstību. 1952. gada decembrī 5 dienu garumā veidojās un pilsētu pārklāja Londonas Lielais smogs, intensīvas ogļu dedzināšanas rezultātā izveidojās indīga gāzveida miglā, kas saturēja augstas smalko cieto daļiņu un sēra dioksīda koncentrācijas, un izraisīja aptuveni 12000 cilvēku priekšlaicīgas nāves (Povlika B.J., 2018). Šis notikums nav vienīgais, arī 1948. gada oktobrī ASV Pensilvānijas štata pilsētās Vebsterā un Donorā paradījās smogs, kura rezultātā 20 cilvēki gāja bojā un 5900 cieta negatīvas sekas. Nākamajā desmitgadē reģionā tikai novēroti augstāki sirds un asinsvadu slimības, kā arī onkoloģisko slimību rādītāji (Jacobs E.T., Burgess J.L., Abbot M.B., 2018). Pēc abiem notikumiem paradījās “Clean Air Act”, kura mērķis bija ierobežot gaisa piesārņojumu dzīvojamās zonās. Šis bija viens no pirmajiem soļiem, kas sekmēja turpmāko gaisa piesārņojuma mazināšanas iniciatīvu attīstību.

1987. gadā PVO izstrādāja gaisa kvalitātes vadlīnijas, kas patstāvīgi tiek atjaunotas, lai atbilstu mainīgajiem standartiem. Šīs vadlīnijas ir kā mērķis valstu, reģionu un pilsētu valdībām, lai uzlabotu gaisa kvalitāti un sniegtu norādījumus gaisa piesārņojuma ietekmes uz veselību samazināšanai. Normas izstrādātas analizējot epidemioloģiskos un toksikoloģiskos zinātniskos pētījumus par saistību starp piesārņojuma līmeni un veselību. 2005. gadā tika publicēta globālā versija, bet 15 gadu laikā izpratne par gaisa kvalitāti, piesārņotājiem un veselības problēmām paplašinājās, līdz ar to 2021. (Skat. 1.1. tabulu) gadā šīs vadlīnijas tika atjaunotas, taču tikai pēdējos gados gaisa piesārņojuma sekām tiek pievērsta pietiekama uzmanība. 2019. gadā smalko cieto daļiņu (PM2.5) koncentrācija ievērojami atšķīrās dažādos pasaules reģionos, vairāk nekā 90% no pasaules iedzīvotājiem dzīvoja apgabalos, kur piesārņojuma līmenis pārsniedza 2005. gada PVO vadlīnijās norādīto līmeni, tas ir, 10 µg/m3 (PVO, 2021).

1.1. tabula

**PVO vadlīnijas 2021.g. un 2005.g.** (PVO, 2021)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Piesārņotājs | Vidējais laiks | 2005. g. vadlīnijas | 2021. g. vadlīnijas |
| PM2.5, µg/m3 | Gads | 10 | 5 |
| 24h | 25 | 15 |
| PM10, µg/m3 | Gads | 20 | 15 |
| 24h | 50 | 45 |
| O3, µg/m3 | 6 mēneši | - | 60 |
| 8h | 100 | 100 |
| NO2, µg/m3 | Gads | 40 | 10 |
| 24h | - | 25 |
| SO2, µg/m3 | 24h | 20 | 40 |
| CO, mg/m3 | 24h | - | 4 |

Gaisa kvalitāte ir cieto daļiņu, gāzu un suspendētu pilienu maisījums, taču pārāk liela šo daļiņu koncentrācija vienā vietā ir piesārņojums, kas izraisa negatīvas sekas klimatam, ekosistēmām un cilvēkiem. Gaisa piesārņojuma avoti ir gan antropogēni (cilvēka radīti), gan dabīgi izmeši un to līmeņa noteikšanai vidē pielieto dažādas mērīšanas ierīces. Piesārņojuma komponentus var sadalīt gāzēs un aerosolos, daži paši par sevi ir piesārņotāji, taču citi izraisa sekundārā piesārņojuma veidošanos, kā arī tie satur gan organiskos, gan neorganiskos savienojumus. Primārie piesārņotāji tiek izdalīti atmosfēra tieši no avota, piemēram, sēra dioksīds, taču sekundārie piesārņotāji veidojās atmosfērā no ķīmiskām vai fiziskām transformācijām, piemēram, sekundārie organiskie aerosoli (Goodsite M.E., Johnson M.S., Hertel O., 2020), (Seesaard T., Kamjornkittikoon K., Wongchooksuk C., 2024).

Atmosfērā no dažādiem piesārņojuma avotiem tiek izdalītas gāzveida vielas. No tām būtiskākās ir oglekļa monoksīds (CO), slāpekļa savienojumi (NO, NO2), sēra savienojumi (SO2), fotoķīmiskie oksidanti (O3).

Oglekļa monoksīds (CO) ir galvenais avots ir oglekļa saturošo vielu nepilnīga sadegšana. Tas ir gan primārais, gan sekundārais piesārņotājs, kas rodas ogļūdeņraža veidošanās procesā ar OH radikāļu palīdzību. Atmosfērā tas spēj uzturēties vairākus mēnešus padarot to par globāla mēroga piesārņojuma avotu (Goodsite M.E., Johnson M.S., Hertel O., 2020). Pieņemamā koncentrācija atmosfērā ir mazāk kā 0.001%, taču koncentrācija, kas sasniedz 0.1% var būt cilvēkam nāvējoša. Ilgstoša uzturēšanās vidē pat ar 50 Ppm CO koncentrāciju var izraisīt simptomus, kā galvassāpes, reiboni un kognitīvo funkciju traucējumus (PVO, 2010).

Slāpekļa savienojumi (NOx) būtiskākie emisiju avoti ir elektrostacijas, transportlīdzekļi, biomasas dedzināšana un dabiskās emisijas. Pilsētās NOx emisijas parasti sasniedz maksimumu intensīvas satiksmes laikā. Savienojums atstāj negatīvu ietekmi uz veselību, izraisot plaušu audu bojājumus (Goodsite M.E., Johnson M.S., Hertel O., 2020). Pilsētās vidējā NO2 koncentrācija parasti ir 20-90 µg/m3, taču var sasniegt cilvēka veselību apdraudošus līmeņus, tas ir, apmēram 500 µg/m3 (EVA, 2016).

Sēra dioksīds (SO2) galvenokārt rodas no ogļu elektrostacijām. Atmosfērā tas oksidējās par sērskābi (H2SO4), kas var būt gāzveida vai kondensēties, veidojot skābju nogulsnes caur lietu vai miglu, atstājot negatīvu ietekmi uz apkārtējo vidi (Goodsite M.E., Johnson M.S., Hertel O., 2020). Apmēram 85% no pasaules izmantotās enerģijas rodas no fosilā kurināmā, tas ir, oglēm, dabasgāzes un naftas, kas izpaužas kā paaugstinātā SO koncentrācijā, apdraudot cilvēku veselību un vidi (Woodford C., 2021).

Fotoķīmiskie oksidanti (O3) jeb ozons ir sekundārs piesārņotājs, kas veido fotoķīmisko smogu. Tas veidojas ultravioletajiem stariem reaģējot ar gaistošajiem organiskajiem savienojumiem (GOS), oglekļa monoksīdu (CO) vai slāpekļa savienojumiem (NOx) (Goodsite M.E., Johnson M.S., Hertel O., 2020).

Cietās daļiņas (PM) ir viens no galvenajiem gaisa piesārņojuma avotiem. PM sastāv no mikroplastiskām daļiņām, kuras veido no ķīmisku vielu un bioloģisko elementu maisījuma (Arias-Pérez RD, Taborda NA, Gómez DM, Narvaez JF, Porras J, Hernandez JC., 2020). Tās dalās divos parametros PM10, ar aerodinamisko diametru līdz 10 mikrometriem (µm), un PM2.5, smalkās cietās daļiņas, līdz 2.5 µm. Cieto daļiņu avoti ir gan dabīgi, vulkānu izvirdumi, putekļi, gan antropogēni, fosilo degvielu izmantošana transports, rūpniecība (Goodsite M.E., Johnson M.S., Hertel O., 2020).

ES gaisa kvalitātes direktīvas tika izstrādātas 2008. gadā. Visām ES dalībvalstīm jānodrošina, lai piesārņojums nepārsniegtu minimālo noteikto līmeni. Tā pārsniegšanas gadījumā ir nekavējoties jāveido tālākais rīcības plāns, lai mazinātu piesārņojumu. Direktīvas paredz gaisa kvalitātes novērošanu izmantojot plašu monitoringu tīklu. ES gaisa kvalitātes standarti iekļauj 12 piesārņojošās vielas, no tām visbīstamākās cilvēku veselībai ir smalkās cietās daļiņas (PM2.5), Sēra dioksīds (SO2), Slāpekļa dioksīds (NO2), Oglekļa monoksīds (CO), Ozons (O3). (Skat. 1.2. tabulu) (ES, 2020)

* 1. tabula

**ES gaisa kvalitātes standarti**. (ES)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Piesārņotājs | Koncentrācija (µg/m3) | Vidējais periods | Vērtība | Pieļaujamās pārsniegšanas reizes gadā |
| Smalkās cietās daļiņas (PM2.5) | 20 | 1 gads | Limita vērt. Jāievēro no 1.1.2020. | - |
| Sēra dioksīds (SO2) | 350 | 1h | Limita vērt. Jāievēro no 1.1.2005. | 24 |
| Sēra dioksīds (SO2) | 125 | 24h | Limita vērt. Jāievēro no 1.1.2005. | 3 |
| Slāpekļa dioksīds (NO2) | 200 | 1h | Limita vērt. Jāievēro no 1.1.2010. | 18 |
| Slāpekļa dioksīds (NO2) | 40 | 1 gads | Limita vērt. Jāievēro no 1.1.2010. | - |
| Oglekļa monoksīds (CO) | 10 | Max. dienas 8h vid. vērt. | Limita vērt. Jāievēro no 1.1.2005. | - |
| Ozons (O3) | 120 | Max. dienas 8h vid. vērt. | Mērķa vērt. Jāievēro no 1.1.2010. | 25 dienas vidēji 3 gados |

Latvija ne tikai ievēro ES noteiktās direktīvas, bet arī īsteno Latvijas likumdošanu par gaisa kvalitāti. Ministru kabineta noteikumos Nr. 1290 ir noteikti gaisa kvalitātes normatīvi un raksturlielumi, lai nodrošinātu cilvēka veselību un vides aizsardzību. Šie robežlielumi atbilst ES gaisa kvalitātes standartiem. (Ministru kabineta noteikumi Nr. 1290, 2009)

## **Ietekme uz veselību**

Vairāk nekā puse no pasaules iedzīvotājiem mīt pilsētās, kur gaisa kvalitāte ir zemāka salīdzinājumā ar ciematiem un neapdzīvotām teritorijām. Iedzīvotāju skaits pilsētās turpinās pieaugt, tiek prognozēts, ka nākamajos 50 gados pasaules pilsētu iedzīvotāju skaits palielināsies par divām trešdaļām, pakļaujot iedzīvotājus piesārņojuma negatīvajām sekām - slimībām. Gaisa piesārņojums ir viens no galvenajiem nāves cēloņiem pasaulē, tas izraisa vēzi, sirds un asinsvadu, elpošanas sistēmas un dažādas mentālās slimības (Goodsite M.E., Johnson M.S., Hertel O., 2020).

Gaisa piesārņotāji, kā oglekļa monoksīds, sēra un slāpekļa oksīdi, var iekļūt elpošanas sistēmā un nogulsnēties elpceļos, izraisot veselības problēmas. NO2  pārsvarā ietekmē apakšējos elpceļus (traheju, bronhus, plaušas), nokļūstot plaušu alveolās. SO2 galvenokārt skar augšējos elpceļus, tas ir, deguna dobums, rīkle, balsene (Zanatya N., Mohamed A. E., Nabil. N., 2024). Smalkās cietās daļiņas spēj iekļūt un nogulsnēties elpceļos, šķērsot plaušu alveolas, izraisot slimības (Sonwani S., Shukla A., 2022). Samazinot PM koncentrāciju gaisā no 70 līdz 20 µg/m3, ar gaisa kvalitāti saistītie nāves gadījumi samazinātos par ~15% (Goodsite M.E., Johnson M.S., Hertel O., 2020).

Plaušu vēzis ir globāla veselības problēma, tas ir ne tikai visizplatītākais, bet arī galvenais vēža izraisīto nāves gadījumu cēlonis. Ilgstoša uzturēšanās piesārņotā vidē palielina risku saslimt ar nesīkšūnu plaušu vēzi. 2013. gadā PVO atzina āra gaisa piesārņojumu par kancerogēnu cilvēkiem. 2022. gadā tika reģistrēti apmēram 2 miljoni jauni plauša vēža gadījumi. Pētījumi liecina, ka dažādi piesārņotāji, tas ir, smalkās cietās daļiņas, slāpekļa oksīdi un fotoķīmiskie oksidanti, paaugstina risku saslimt ar šo ļaundabīgo audzēju. PM2.5 var iekļūt dziļi elpošanas sistēmā un sasniegt plaušu alveolas. Daļiņas var pārnēsāt kancerogēnus, kā policikliskos aromātiskos ogļūdeņražus, smagos metālus un organiskos savienojumus. NOx savienojoties ar sekundārajiem piesārņotājiem, piemēram, ozonu un slāpekļa skābi, rodas paaugstināts onkoloģiskās saslimšanas risks. Arī ozona iedarbībai ir saistība ar plaušu vēža attīstību (González-Ruíz, J., Baccarelli, A. A., Cantu-de-Leon, D., & Prada, D., 2023). Katrs PM2.5 koncentrācijas pieaugums par 10 µg/m3 palielina risku nomirt no plaušu vēža par 8% procentiem (Woodford C., 2021).

Elpceļi ir viena no galvenajām ķermeņa aizsargbarjerām, apkārtējai videi un gaisa piesārņojumam ir liela ietekme uz elpošanas gļotādu homeostāzi. Bronhiālā astma ir hroniska iekaisuma slimība, tās izplatība dažādās valstīs svārstās no 1-18%. Apmēram 13% no astmas gadījumiem bērniem ir saistīti ar intensīvas satiksmes radīto gaisa piesārņojumu. Slimībai raksturīga elpceļu sašaurināšanās, kas traucē normālu gaisa plūsmu, bronhu hiperaktivitāte, elpceļu iekaisums. Simptomi var izpausties, kā elpas trūkums, klepus un spiedoša sajūta krūtīs (Tiotiu, A. I., Novakova, P., Nedeva, D., Chong-Neto, H. J., Novakova, S., Steiropoulos, P., & Kowal, K., 2020).

Arī kardiovaskulārās sistēmas slimības ir vienas no izplatītākajiem nāves cēloņiem pasaulē. Augsta PM2.5 koncentrācijas ieelpošana var izraisīt oksidatīvo stresu, iekaisumu un autonomās nervu sistēmas stimulāciju. Sirds un asinsvadu audiem ir mazāka detoksācijas kapacitāte salīdzinājumā ar aknām vai plaušām, tādēļ tie pēc ilgstošas cieto daļiņu iedarbības ķermenī tiek pakļauti augstākam slimību attīstības riskam. Pētījumi pierāda, ka gaisa piesārņojums var izraisīt: hipertensiju, dislipidēmiju, insultu, trombozi, sirds išēmisko slimību, sirds mazspēju un priekškambaru fibrilāciju (Bhatnagar A., 2020). K atrs 10 µg/m3 pieaugums izraisa par 24% lielāku iespēju, ka sirds apstāsies – būs asistolija un 76% risku nāvei no sirds slimībām (Woodford C., 2021).

Gaisa piesārņojumam ir nelabvēlīga ietekme uz nervu sistēmu ilgtermiņā, kas sākas jau intrauterīnajā periodā. Tāpat sensitīvi periodi ir bērnība un pusaudža gadi, kad notiek sensori motorā un kognitīvā attīstība, tiek apgūtas tālākajā dzīvē nepieciešamās sociālās prasmes. Sekas var izpaustie kā trauksme, depresija, uzmanības deficīts, uzvedības problēmas, zemāks IQ līmenis un autiskā spektra traucējumi (Herting M. M., Bottenhorn K. L., Cotter D. L., 2024). E. Borroni ar līdzautoriem apkopoja un analizēja 39 pētījumus par gaisa kvalitātes ietekmi uz mentālo veselību ar secināja, ka PM 2,5, PM 10, NO2, SO2, CO un O3 pārsniedzot normas ir saistīti ar depresijas attīstības risku (Borroni E., Pesatori A. C., Bollati V., Buoli M., Carugno M., 2021).

Kardiovaskulārās un onkoloģiskās saslimšanas ir vieni no galvenajiem mirstības cēloņiem pasaulē. Tām ir dažādi ietekmējami un neietekmējami riska faktori, kā iedzimtība, vecums, ieradumi un vide. Tieši tādēļ ir svarīgi regulāri monitorēt gaisa kvalitāti un sekot, lai tā atbilstu ES gaisa kvalitātes standartiem.

# **Pētījuma metodoloģija un rezultāti**

## **Metodoloģija**

Darba mērķa īstenošanai tika veikts prospektīvs pētījums, kurš īstenots vairākos posmos:

1. Pētījuma instrumenta – novērošanas protokola izstrāde.
2. Datu savākšana.
3. Iegūto datu apkopošana.

Novērojama protokolā (skat. 1. pielikumu) fiksēts gaisa kvalitātes mērījuma datums, vieta, vispārējie apstākļi, gaisa temperatūra, mitrums, VOC, AQS, PM1, PM2, PM 10. Tika izvēlētas sešas lokalizācijas vietas (skat. att. 2.1.), lai pēc iespējas efektīvāk noteiktu gaisa kvalitāti un mērījumus būtu iespējams veikt nosacīti vienādos apstākļos, apmēram 30 – 60 min laikā, un protokolā tās apzīmētas ar burtiem:

A- Mežciema pamatskolas rajons (56.96223, 24.23558)

B- galvenā ieeja Biķernieku kompleksās sporta bāzes trasē (56.9653, 24.22907)

C- Biķernieku kompleksās sporta bāzes trase (“muzeja aplis”) (56.96982, 24.21608)

D- Gaiļezera iela (56.96855, 24.23761)

E- Biķernieku/ Hipokrāta ielu krustojums (56.95782, 24.238)

F – Malienas/ S. Eizenšteina ielu krustojums. (56.97489, 24.22471)

****

**2.1. attēls Mērījumu lokalizācijas vietas.** (Izstrādājis autors, izmantojot Google My Maps)

Dati ievākti laika posmā no 26.10.2024. līdz 02.11.24. Mērījumi veikti ar protatīvo ATMO Tube pro aparātu un mobilo lietotni. Precizitāti nodrošina automātiskā kalibrēšana. Mērījumi veikti moto sacensību laikā, darba dienā un brīvdienā, lai ielās būtu dažādas intensitātes satiksme. Iegūtie dati apstrādāti izmantojot programmu Microsoft Excel (Microsoft Office LTSC Professional Plus 2021), aprēķinot vidējo vērtību (AVERAGE) un standarta novirzi (STDEVA).

## **Pētījuma rezultāti un diskusijas**

Mērījumi ievākti 26.10.24., 27.10.24., 30.10.24. un 2.11.24. 26. un 27. Biķernieku kompleksajā sporta bāzē norisinājās rallija sacensības. Pirmajā mērījumu dienā, sestdienā, (26.10.) dati ievākti no plkst. 16:00-16.44, otrajā dienā, svētdienā, (27.10) no 12.00-12.36. Trešās mērījumu dienas, trešdienas, (30.10.) dati ievākti intensīvas satiksmes laikā no 16.45-17.35. Ceturtais mērījums, sestdienā, (02.11.) veikts nedēļas nogalē, bez sacensībām un ievērojami mazāku satiksmes intensitāti, laikā no 12.00-12.42 (skat. 2.1. tabulu).

2.1. tabula

**Dienas vidējie piesārņojuma līmeņa rādītāji un standartnovirze** (Izstrādājis autors, izmantojot Excel)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Datums** | **26.10.** | | **27.10.** | | **30.10.** | | **02.11.** | |
| **Parametrs** | **Vid.** | **SD** | **Vid.** | **SD** | **Vid.** | **SD** | **Vid.** | **SD** |
| **VOC** | 0,06 | 0,08 | 0,05 | 0,07 | 0,05 | 0,08 | 0,02 | 0,01 |
| **AQS** | 65,86 | 3,72 | 72,07 | 1,37 | 94,81 | 3,6 | 96,82 | 0,29 |
| **PM1 µg/m3** | 27,71 | 4,33 | 21,48 | 1,46 | 1,53 | 0,38 | 1,02 | 0,03 |
| **PM2,5 µg/m3** | 31,06 | 4,61 | 24,83 | 1,45 | 3,09 | 0,66 | 2,37 | 0,19 |
| **PM10 µg/m3** | 32,34 | 5,35 | 26,31 | 1,59 | 4,43 | 0,83 | 4,01 | 0,32 |

Pirmais mērījums (26.10.2024.). Gaisa temperatūra bija no +7,7 līdz 12.0 **°C. Gaisa mitrums no 36,4 līdz 77.0%. VOC no 0,01 līdz 0,19. Zemākais rādītājs bija punktos B (Galvenā ieeja trasē) un C (Biķernieku trase (Muzeja aplis)), augstākais A (Mežciema pamatskolas rajons). AQS no 63,28 līdz 72,29. Zemākais rādītājs bija punktā D (Gaiļezera ielā), augstākais A (Mežciema pamatskolas rajons). PM1 no 20,33** µg/m3 līdz 30,61 µg/m3. PM2,5 no 23,08 µg/m3 līdz 33,48 µg/m3, kas vērtējams kā viduvējs līdz slikts. Bet PM10 no 23,08 µg/m3 līdz 35,88 µg/m3, kas vērtējams kā labs. PM1, PM2,5, un PM10 zemākais rādītājs bija punktā A (Mežciema pamatskolas rajons), pārējos punktos mērījumi būtiski neatšķiras. Šādi mērījumi ilgstošā ietekmē ir bīstami cilvēkiem, kas atrodas riska grupā, tas ir, bērniem, pensionāriem un cilvēkiem ar smagām alerģijām, sirds-asinsvadu slimībām un elpošanas problēmām.

Otrais mērījums (27.10.2024.). Gaisa temperatūra bija no +11,7 līdz 15,8 **°C. Gaisa mitrums no 45,2 līdz 70,1%. VOC no 0.01 līdz 0,17. Zemākas rādītājs bija punktos A (Mežciema pamatskolas rajons) un B (Galvenā ieeja trasē), augstākais D (Gaiļezera ielā). AQS no 70,1 līdz 74. Zemākais rādītājs bija punktā A (Mežciema pamatskolas rajons), augstākais D (Gaiļezera ielā). PM1 no 19,79** µg/m3 līdz 23,73 µg/m3. PM2,5 no 22,83 µg/m3 līdz 26,9 µg/m3. Bet PM10 no 24,33 µg/m3 līdz 28,73 µg/m3. Zemākas PM1, PM2,5, un PM10 rādītājs bija novērojams punktā D **(Gaiļezera ielā)**, taču augstākais punktā A **(Mežciema pamatskolas rajons)**. Salīdzinājumā ar mērījumu pirmo dienu gaisa kvalitāte nedaudz uzlabojās, taču joprojām saglabājās paaugstināts riska līmenis.

Trešais mērījums (30.10.2024.). Gaisa temperatūra bija no +10,5 līdz 14,9 **°C. Gaisa mitrums no 39 līdz 69,7%. VOC no 0.01 līdz 0,03. Zemākas rādītājs bija punktos B (Galvenā ieeja trasē), C (Biķernieku trase (Muzeja aplis)) un F** (Malienas/ S. Eizenšteina ielu krust.)**, augstākais E** (Biķernieku/ Hipokrāta ielu krust.)**. AQS no 86,7 līdz 97. Zemākais rādītājs bija punktā A (Mežciema pamatskolas rajons), augstākais E** (Biķernieku/ Hipokrāta ielu krust.)**. PM1 no 1,07** µg/m3 līdz 2,08 µg/m3. PM2,5 no 2,26 µg/m3 līdz 4,02 µg/m3, kas vērtējams kā labs. Bet PM10 no 3,23 µg/m3 līdz 5,88 µg/m3. Augstākais PM1, PM2,5, un PM10 rādītājs bija punktā B **(Galvenā ieeja trasē)**, taču zemākais PM1, PM2,5 punktā A **(Mežciema pamatskolas rajons)**, bet PM10 punktā E (Biķernieku/ Hipokrāta ielu krust.).

Ceturtais mērījums (02.11.2024.). Gaisa temperatūra bija no +4.8 līdz 6.6 **°C. Gaisa mitrums no 45,6 līdz 72,4%. VOC no 0,01 līdz 0,04. Zemākais rādītājs bija punktos B (Galvenā ieeja trasē), C (Biķernieku trase (Muzeja aplis)), D (Gaiļezera ielā), F** (Malienas/ S. Eizenšteina ielu krust.)**, augstākais A (Mežciema pamatskolas rajons). AQS no 96,57 līdz 97,28. Zemākais rādītājs bija punktos D (Gaiļezera ielā) un E** (Biķernieku/ Hipokrāta ielu krust.)**, augstākais C (Biķernieku trase (Muzeja aplis)). PM1 no 1** µg/m3 līdz 1,05 µg/m3. PM2,5 no 2,18 µg/m3 līdz 2,63 µg/m3. Bet PM10 no 3,74 µg/m3 līdz 4,6 µg/m3. PM2.5un PM10 vidējie rādītāji vērtējami kā labi. PM1, PM2,5, un PM10 zemākais rādītājs bija punktā A **(Mežciema pamatskolas rajons)**, taču augstākais punkts katrā PM koncentrācijā atšķīrās. Kopējie dienas ievāktie dati liecina par salīdzinoši tīru un veselībai labvēlīgu gaisu.

Mērījumu dati norāda uz stabilu un gadalaikam atbilstošu temperatūru (skat. 2.2. tabulu). Augstākā reģistrētā temp. bija 15,8**°C lokācijā D (Gaiļezera ielā), kas, visticamāk, ir saistīta ar siltuma uzkrāšanos starp augstceltnēm, jo gaiss nespēj cirkulēt, un no apkures sistēmām dzīvokļos rodas papildus siltums. Savukārt zemākā sasniegtā temperatūra bija 4,8°C, lokācijā F** (Malienas/ S. Eizenšteina ielu krust.)**, kas ir iekļauta mežā, veidojot apēnojumu un neļaujot gaisam uzsilt. Vidējā temperatūrā pirmajā mērījuma dienā (26.10.24.) bija 9,7°C, taču pēdējā (02.11.24.) 5,4°C. Šī perioda amplitūda ir 4,3°C, norādot uz būtiski nemainīgām temperatūras tendencēm pētījuma laikā.**

**2.2. tabula**

**Mitruma un temperatūras vidējie rādītāji** (Izstrādājis autors, izmantojot Excel)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Parametrs** | **26.10.** | **27.10.** | **30.10.** | **02.11.** |
| **T °C** | 9,7 | 13,6 | 11,9 | 5,4 |
| **mitrums %** | 66,2 | 60,1 | 61 | 60,1 |

Mitrums nedaudz svārstījās dažādās mērījuma vietās, lai gan katras dienas vidējais saglabājās diapazonā no 60-70% (skat. 2.2. tabulu). Augstākais reģistrētais mitruma līmenis bija 77% lokācijā C **(Biķernieku trase (Muzeja aplis))**, kas atrodas meža apvidū. Līdzīgi, kā lokācija F (Malienas/ S. Eizenšteina ielu krust.), vidē ir novērojama zemāka temperatūra un augstāks mitruma līmenis, ierobežotās saules gaismas un vēja dēļ. Zemākais mitruma līmenis 39%, novērots lokācijā A **(Mežciema pamatskolas rajons)**, kas tāpat kā vieta D **(Gaiļezera ielā)** ir ieskauta daudzdzīvokļu mājās, kas, rada paaugstinātu siltuma līmeni un ierobežo veģetāciju. Kopumā meteoroloģisko apstākļu rādītāji starp dienām būtiski neatšķīrās.

Gaistošie organiskie savienojumi (VOC) ir galvenokārt cilvēku radīts piesārņojuma avots, tas ir atrodams dažādās vielās, kā, piemēram, benzīnā. Līdz ar to laikā, kad norisinās sacensības vai ir paaugstināta satiksmes intensitāte, VOC vidējais dienas līmenis ir ievērojami augtāks. AQS ir vērtība, kas norāda uz gaisa kvalitātes līmeni. Augstāka vērtība, virs 81, norāda uz tīru gaisu un zemāka uz piesārņotu (skat. att. 2.2.).

**2.2. att.** **Mežciema apkaimes VOC un AQS vidējie radītāji pētījuma periodā** (Izstrādājis autors, izmantojot Excel)

Redzams, ka visaugstākais VOC ir pirmajā mērījumu (sacensību) dienā un zemākais ceturtajā dienā (nedēļas nogalē). Gaisa kvalitātes indekss ir viszemākais pirmajā mērījumu dienā un augstākais ceturtajā dienā. Sacensību laikā AQS līmenis ir ievērojami zemāks nekā intensīvas satiksmes un nedēļas nogales laikā.

Standartnovirze datiem ir zema, kas norāda, ka piesārņojuma līmenis vispārīgi ir diezgan nemainīgs. Vissliktākais gaisa kvalitātes līmenis, balsoties uz VOC un AQS mērījumiem, novērojams Mežciema pamatskolā (A) un Gaiļezera ielā (D) (skat. att. 2.3.).

**2.3. att. Mežciema apkaimes VOC un AQS vidējie rādītāji dažādās lokalizācijas vietās** (Izstrādājis autors, izmantojot Excel)

Cietās daļiņas sastāv no smalki sadalītiem materiāliem, piemēram, putekļiem, ziedputekšņiem, pelniem, sodrējiem, dūmiem utt. , kas var ilgstoši palikt gaisā un uzkrāties apkārtējā vidē (skat. att. 2.4.).

* 1. **att. Mežciema apkaimes PM vidējie rādītāji pētījuma periodā** (Izstrādājis autors, izmantojot Excel)

Redzams, ka sacensību laikā (26.10., 27.10.) PM piesārņojuma līmenis ir krietni augstāks nekā bez tām, visticamāk, no mašīnu radītajiem dūmiem/putekļiem, kā arī transportlīdzekļu emisijām. Augstākā vidējā vērtība ir PM10 32,34. Rallija laikā novērotie cieto daļiņu līmeņi var apdraudēt cilvēku, kas ir riska grupās, veselību, it īpaši, ja anamnēzē ir smaga alerģija. Viszemākie vidējie radītāji novēroti nedēļas nogalē (02.11.) ar zemāko vidējo rādītāju PM1 1,02.

Visaugstākie cieto daļiņu mērījumi novēroti pie ieejas trasē, iespējams, vairākkārtējo sacensību un piesārņojuma uzkrāšanās dēļ. Taču viszemākie rādītāji novēroti Biķernieku/ Hipokrāta ielu krustojumā, visticamāk, jo tā ir vistālākā lokācija no intensīva piesārņojuma avota (skat. att. 2.5.).

* 1. **att. Mežciema apkaimes PM vidējie rādītāji dažādās lokalizācijas vietās** (Izstrādājis autors, izmantojot Excel)

Gaisa kvalitāti būtiski ietekmē gan apkārtējie apstākļi, gan cilvēku aktivitāte, kā, piemēram, intensīva satiksme. Cieto daļiņu un organisko savienojumu līmenis ievērojami paaugstinās no antropogēniem avotiem, kas var apdraudēt cilvēku veselību. Tādēļ ir būtiski regulāri monitorēt gaisa kvalitāti, lai tā atbilstu veselībai drošiem standartiem.

# **Secinājumi**

Veicot pētījumu par gaisa kvalitāti Mežciema apkaimē tika īstenots darba mērķis, izpildīti uzdevumi un, apkopojot rezultātus, secināts:

1. Gaisa piesārņojums Mežciema apkaimē nav viendabīgs, augstākais VOC ir pie Mežciema pamatskolas un Gaiļezera ielā, PM10 – pie ieejas trasē, AQS līmenis ir augstāks Biķernieku/Hipokrāta un Malienas/S. Eizenšteina ielu krustojumos.
2. Gaisa kvalitāte Mežciema apkaimē vērtējama kā laba, bet mainīga, par to liecina tas, ka moto sacensību laikā piesārņojuma līmenis pieaug, bet brīvdienās samazinās un atbilst normām par gaisa kvalitāti.
3. Moto sacensību laikā Biķernieku kompleksajā sporta bāzē no visām mērījuma vietām bija visaustākie AQS, PM1, PM2.5, PM10 radītāji. Tātad moto sacensības pasliktina gaisa kvalitāti Mežciema apkaimē.

# **Ieteikumi**

1. Optimizēt satiksmes organizācijas plānošanu. Maģistrālo ielu novirzīšana no tik blīvi apdzīvotas apkaimes.
2. Turpināt plašāku gaisa kvalitātes izpēti Mežciema apkaimē, lai identificētu riska faktoru ietekmi uz iedzīvotāju veselību.

# **Izmantotās literatūras saraksts**

1. **Arias-Pérez RD, Taborda NA, Gómez DM, Narvaez JF, Porras J, Hernandez JC.** Inflammatory effects of particulate matter air pollution. Environ Sci Pollut Res Int. 2020 Dec;27(34):42390-42404.
2. **Bhatnagar A.** Cardiovascular Effects of Particulate Air Pollution. Annual Review of Medicine. 2022 Jan.27. 73, 393–406.
3. **Borroni E., Pesatori A. C., Bollati V., Buoli M., Carugno M.** Air pollution exposure and depression: A comprehensive updated systematic review and meta-analysis. Environmental Pollution, 2021. 292, 118245.
4. **EVA.** Exceedance of air quality standards in Europe [tiešsaistē]. [Skatīts 24.10.24.] Pieejams: <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/exceedance-of-air-quality-standards>
5. **EVA.** Gaisa piesārņojuma līmenis aizvien ir pārāk augsts visā Eiropā - tas joprojām ir galvenais vides radītais veselības apdraudējums [tiešsaistē]. [Skatīts 24.10.24.] Pieejams: <https://www.eea.europa.eu/lv/highlights/gaisa-piesarnojuma-limenis-aizvien-ir>
6. **EVA.** Nitrogen compounds [tiešsaistē]. [Skatīts 13.11.24.] Pieejams: <https://www.eea.europa.eu/publications/2-9167-057-X/page019.html>
7. **ES.** EU air quality standards [tiešsaistē]. [Skatīts 04.11.24] Pieejams: [https://environment.ec.europa.eu/topics/air/air-quality/eu-air-quality-standards\_en](https://environment.ec.europa.eu/topics/air/air-quality/eu-air-quality/eu-air-quality-standards_en)
8. **González-Ruíz, J., Baccarelli, A. A., Cantu-de-Leon, D., & Prada, D.** Air pollution and lung cancer: Contributions of extracellular vesicles as pathogenic mechanisms and clinical utility. Current Environmental Health Reports. 2023. 10(4), 478–489.
9. **Goodsite M.E., Johnson M.S., Hertel O.** Air Pollution Sources, Statistics and Health Effects. New York: Springer New York, 2020. 521. ISBN 978-1-0716-0596-7.
10. **Herting M. M., Bottenhorn K. L., Cotter D. L.** Outdoor air pollution and brain development in childhood and adolescence. Trends in Neurosciences, 2024. 47(8), 593.
11. **Jacobs E.T., Burgess J.L., Abbot M.B.** The Donora Smog Revisited: 70 Years After the Event That Inspired the Clean Air Act. Am J Public Health. 2018 Apr;108(S2):S85-S88.
12. **Ministru kabinets.** Noteikumi par gaisa kvalitāti [tiešsaiste]. [Skatīts 08.11.24.]. Pieejams: <https://likumi.lv/ta/id/200712-noteikumi-par-gaisa-kvalitati>
13. **Povlika B. J.** The Great London Smog of 1952. American Journal of Nursing, 2018, vol. 118 (4), p. 57-6.
14. **PVO.** How air pollution is destroying our health [tiešsaistē]. [Skatīts 23.10.24.] Pieejams: <https://www.who.int/news-room/spotlight/how-air-pollution-is-destroying-our-health>
15. **PVO.** WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Geneva: World Health Organization; 2021. 290. ISBN 9789240034228.
16. **PVO.** WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants. Geneva: World Health Organization, 2010. 454. ISBN 9789289002134.
17. **Seesaard T., Kamjornkittikoon K., Wongchooksuk C.** A comprehensive review on advancements in sensors for air pollution applications. Science of The Total Environment, 2024. 951, 9175696.
18. **Sonwani S., Shukla A.** Airborne Particulate Matter: Source, Chemistry, Health. Singapore: Springer Nature, 2022. 314. ISBN 978-981-16-5386-5.
19. **Tiotiu, A. I., Novakova, P., Nedeva, D., Chong-Neto, H. J., Novakova, S., Steiropoulos, P., & Kowal, K.** Impact of air pollution on asthma outcomes. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2020, 27 Aug. 17(18), 6412.
20. **Veselības inspekcija.** Piesārņojuma ietekme [tiešsaistē]. [Skatīts 26.10.24.] Pieejams: <https://www.vi.gov.lv/lv/piesarnojuma-ietekme?utm_source=https%3A%2F%2Fchatgpt.com%2F>
21. **Woodford C.** Breathless: Why Air Pollution Matters – and How It Affects You. London: Icon Books Ltd, 2021. 368. ISBN 9781785787102.
22. **Yang J., Oh SO., Hur JS.** Lichen as Bioindicators: Assessing their Response to Heavy Metal Pollution in Their Native Ecosystem. Mycobiology. 2023 Oct. 25; 51(5):343-353.
23. **Zanatya N., Mohamed A. E., Nabil. N.** Respiratory health assessment of outdoor workers exposed to urban air pollution based on satellite observation. Remote Sensing Applications: Society and Environment. 2024. 36, 101292.

# **Pielikums**

1. Excel, Mērījumu dati. Pieejams: <https://failiem.lv/f/9qubta4ver>